



⑮ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENTAMT**

⑫ **Patentschrift**
⑩ **DE 43 15 759 C 1**

⑤① Int. Cl.⁵:
G 10 K 11/16
E 04 B 1/82

⑳ Aktenzeichen: P 43 15 759.9-53
㉑ Anmeldetag: 11. 5. 93
㉒ Offenlegungstag: —
㉓ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 5. 5. 94

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ **Patentinhaber:**

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung e.V., 80636 München, DE

⑦② **Erfinder:**

Fuchs, Helmut, Prof. Dr., 73733 Weil im Schönbuch,
DE; Zha, Xueqin, Prof., 71032 Böblingen, DE

⑤⑥ **Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:**

DE 91 16 233 U1

⑤④ **Schallabsorbierendes Glas- oder transparentes Kunstglasbauteil**

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein schallabsorbierendes Glas- oder
transparentes Kunstglasbauteil, das durchgehende Löcher
aufweist und dem in einem Abstand eine Rückwand zuge-
ordnet ist, wobei das Glasbauteil als Platte mit kleinen
Löchern mit einem Durchmesser von 0,2-2 mm, einem
Lochabstand von 2-20 mm und einer Plattendicke von 2-30
mm ausgebildet ist.

DE 43 15 759 C 1

DE 43 15 759 C 1

Herkömmliche Schallabsorber benutzen poröses oder faseriges Material, um Luftschall-Schwingungen durch Reibung an ihrer feinstrukturierten, möglichst offenen Oberflächenstruktur in Wärme umzuwandeln (passive Absorber).

So läßt die im Gebrauchsmuster G 91 16 233.6 beschriebene, grob (mit einem Lochflächenanteil von 5 bis 30%) gelochte, dem Schallfeld zugewandte Glasscheibe als transparente Abdeckung mit einer Vielzahl von Durchbrechungen, die jeweils eine Flächenabmessung von 20 mm² bis 20 cm² aufweisen, den Schall möglichst ungehindert zu den im Luftzwischenraum zwischen den Glasscheiben angeordneten Schallschluckelementen hindurch. Entsprechend kann nur die durch die Löcher in den Luftzwischenraum gelangte Schallenergie dort durch die Schallschluckelemente absorbiert werden.

Alternativ wird den auftretenden Schallwellen in sogenannten reaktiven Absorbern durch Mitschwingen von Folien, Platten oder Membranen Energie in einem relativ breiten Frequenzband entzogen, wenn das Mitschwingen durch poröse, faserige oder viskose Dämpfungsschichten bedämpft wird. Es sind auch reaktive Schallabsorber bekannt [1], die ganz ohne den Einsatz zusätzlicher Dämpfungsmaterialien auskommen. Sie sind dann aber

- entweder mehrschichtig aus Folien, Platten oder Membranen aufgebaut [2],
- oder/und mit relativ großen, scharfkantigen Löchern versehen [3]
- oder/und mit einer stark strukturierten (z. B. reliefartigen) Oberfläche ausgestattet [4],

so daß eine Vielzahl von Platten- und Luftschwingungen angeregt werden kann.

In jüngster Zeit häufen sich bei Beratungs- und Entwicklungsprojekten Forderungen nach Schallabsorbern aus mechanisch und chemisch hochresistenten keramischen Materialien. Sowohl im Bereich der technischen wie der Raum- und Bauakustik wird dabei auch eine Ausführung verlangt, die ganz auf den Ansatz poröser oder gar faseriger Dämpfungsmaterialien verzichten kann.

Anforderungen bei Außenbauteilen aus Glas

In Büro- und öffentlichen Gebäuden hat der Flächenanteil von Glasbauteilen in der Außenhaut der Gebäude ebenso wie im Innenbereich stark zugenommen. Da Glas, insbesondere in größerer Materialstärke, Schallwellen in einem breiten Frequenzbereich praktisch vollständig reflektiert, ist dadurch nicht selten ein raumakustisches Problem hinsichtlich Nachhallzeit und schädlicher Rückwürfe entstanden. Besonders kritisch verhalten sich in dieser Hinsicht Räume mit konkav gekrümmten Flächen, die zu Schallkonzentrationen führen können.

2. Nachteile konventioneller Schallabsorber

Allen o.g. Absorbern gemeinsam ist, daß sie bei geeigneter Wahl der schwingenden bzw. der bedämpfenden Materialien bis zu einem gewissen Grade lichtdurchlässig (transluzent) gemacht werden können [4]. Bisher war es aber nicht möglich, völlig durchsichtige (transparente) Glas- oder Kunststoffbauteile mit völlig glatter, har-

ter, nicht schwingungsfähiger geschlossener Oberfläche für die Schallabsorption heranzuziehen. Vielmehr gelten raumbegrenzende Glasflächen i.A. als akustisch völlig hart (total reflektierend). Der anhaltende Trend zu immer mehr und größeren Glaswänden und -decken, die außerdem häufig konkav geformt zu besonders schädlichen Schall-Konzentrationen zum Krümmungs-Mittelpunkt hin führen können, läßt diesen gravierenden Nachteil der Glasbauteile immer deutlicher hervortreten. Bisher wird der Architekt in solchen Objekten, die neben baulichen, optischen und lichttechnischen auch bestimmten raumakustischen Anforderungen genügen müssen, gezwungen, in sein Konzept massiv einschneidende Kompromisse einzugehen: Er muß die Glasbauteile, zumindest teilweise,

- entweder durch absorbierende nicht-transparente Bauteile ersetzen,
- durch vorgesetzte nicht-transparente zusätzliche Schallabsorber unschädlich machen,
- oder durch vorgesetzte (auch transparente) zusätzliche Reflektoren eine Umlenkung oder Streuung der zurückgeworfenen Schallwellen so bewerkstelligen, daß sie die "Akustik" des Raumes nicht mehr stören können.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Glasbauteil der eingangs genannten Art zu schaffen, das schallabsorbierend ist und durchsichtig bleibt. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch Anspruch 1 gelöst, vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

3. Vorteile der neuartigen Schallabsorber

Der neue Absorber besteht selbst ausschließlich aus einem oder mehreren völlig lichttransparenten Platten, die an sich durch Luftschallwellen kaum anregbar sind. Er wird durch eine Vielzahl sehr kleiner durchgängiger Löcher in seiner dem Raum zugewandten Oberfläche in Verbindung mit einem dahinter angeordneten Hohlraum (etwa nach Art der in [5] beschriebenen mikroperforierten Platten vor einer schallharten Begrenzung) zur Absorption von auftretenden Schallwellen in einem breiten Frequenzband im Hörbereich befähigt. Die Löcher können mittels Bohrer, Laser, Plasmaschweißanlage gefertigt sein.

Um diesen teilweise neuen Problemen begegnen zu können, sind planparallel, möglichst unmittelbar vor den reflektierenden Glasbauteilen nachträglich montierbare Schallabsorber vorgesehen, die den architektonischen Entwurf nicht beeinträchtigen. Für Räume mit vorwiegenden Sprachdarbietungen weisen diese ebenen, transparenten Absorber, insbesondere bei senkrecht auftretenden Schallwellen im Frequenzbereich zwischen $f = 125$ und 1250 Hz einen Absorptionsgrad von größer 0,5 bei 500 Hz nahe 1, auf.

Materialauswahl

Als in vieler Hinsicht ideale Baustoffe für derartige Schallabsorber haben sich einige hochresistente Kunststoffe sowie Glas, aber im Innenraumbereich auch Acrylglas (glasklar oder eingefärbt) herausgestellt. Wenn man Platten aus diesem Material in einer Stärke zwischen etwa $t = 2$ und 12 mm mit einem Abstand zwischen $D = 25$ und 100 mm vor dem Glasbauteil anbringt, lassen sich, wie umfangreiche Untersuchungen

gezeigt haben, ganz erstaunlich breitbandige Schallabsorber entwickeln. Sie benötigen keinerlei poröse oder faserige Materialien, sondern nur relativ kleine Löcher mit Durchmessern $d = 0,4 - 0,8$ mm. In mehrschichtigen Aufbauten lassen sich gemäß Patentanmeldung DE P 43 12 886 so Resonanzabsorber aufbauen, die den gesamten interessierenden Frequenzbereich auf einer und derselben Absorberfläche zu mehr als 80% absorbieren.

Das Prinzip der mikro-perforierten transparenten Schallabsorber läßt sich vorteilhaft in 3 bautechnischen Varianten realisieren.

3.1 als Vorsatzschalen

Wenn die Absorber gemäß Bild 1 vor den eigentlichen Glas-Bauteilen, z. B. in deren vorgegebenen Rahmenkonstruktionen, nachträglich eingefügt werden, lassen sich deren bauphysikalische, lichttechnische und optische Funktionen praktisch vollständig erhalten. Z.B. können die Löcher (z. B. mit Durchmessern d zwischen 0,2 und 2 mm und Abständen b der Löcher voneinander zwischen 2 und 10 mm) in den Vorsatzschalen so klein und regelmäßig angebracht werden, daß darunter die Transparenz nur ganz unerheblich leidet.

Die Vorsatzschale wird in einem Abstand von $D = 20 - 500$ mm vor das vorhandene Bauelement (Fenster, Wand, Tür) fixiert. Der Raum zwischen Vorsatzschale und Glasbauteil kann geschlossen sein wie in Bild 1 angedeutet. Die Vorsatzschale kann aber auch ohne seitlichen Abschluß vorgehängt sein. Die Absorption funktioniert solange der Abstand klein ist gegenüber den Querabmessungen der Vorsatzschale.

Die Vorsatzschale kann, wie in Bild 1 gezeigt, eben, schräg oder geschichtet angeordnet sein und gewölbt, konvex oder strukturiert, z. B. gewellt, zick-zack-geoppt, pyramidenförmig etc., ausgebildet sein. Die Vorsatzschale kann gemäß Bild 1.3 gekantet sein oder eine Ecke überspannend angeordnet sein.

3.2 als einseitig wirksame Kassetten

Wenn statt dessen die Absorber als eigenständige Bauteile z. B. in Wänden, Decken und Unterdecken integriert oder auch vor vorhandenen Bauteilen aufgestellt, abgehängt oder vorgesetzt werden, dann ermöglichen sie nicht nur eine auf den jeweiligen Bedarf einstellbare Absorption, sondern darüber hinaus zusätzlich auch eine Streuung in gezielte Reflexe von Schallwellen in Raumbereiche, wo sie unschädlich sind oder dort absorbiert werden. In dieser Variante gemäß Bild 2 kann der Absorber auch bautechnische Funktionen übernehmen: als eine Art Glas-Baustein mit gleichzeitig hoher Schalldämmung, z. B. in Unterdecken-Systemen etwa nach [6] und Stellwänden, aber auch als schalldämpfendes und -dämmendes Bauteil für Kapselungen, Kabinen und Känäle.

Ausführungen gemäß Bild 2 und 3, in denen der Schnitt durch ein erfindungsgemäßes Bauteil gezeigt ist, sind besonders vorteilhaft, da sie bewegbar im Raum angeordnet werden können und so die Akustik "variierbar" ist, z. B. können je nach Personenzahl in einem Raum weniger oder mehr absorbierende Glasbauteile aufgestellt werden und so die Geräusche, Umgebungslärm oder der Gesprächshintergrund gedämpft werden.

3.3 als allseitig wirksame Kulissen

Schließlich können vollständig transparente Bauteile

gemäß Bild 3 als "Kompakt-Absorber", "Zentral-Körper" oder "Baffles", losgelöst von anderen Bauteilen und Funktionen, als Schall absorbierende und streuende Elemente auch raumgestaltend, z. B. in Verbindung mit Beleuchtungskörpern, sehr vielseitigen Einsatz finden.

Die in Bild 3 gezeigten Ausführungen können z. B. an der Decke im Raum aufgehängt werden. Die schraffiert angeordneten Teile sind massiv und können selbst auch transparent sein, sie sollen die Kulisse (Zylinder, Quader, Profil) tragen bzw. stützen. Sie wirken als Reflektor, also streuend für den Schall, bzw. infolge der Reflexion bewirken sie auch eine verbesserte Absorption. Je nach Wanddicke können diese Teile natürlich auch entfallen.

Die Dicke der erfindungsgemäßen Glas-Bauteile kann je nach Anwendungszweck zwischen 2 und 20 mm betragen, vorteilhafterweise (wegen des Gewichts) zwischen 4 und 8 mm.

Der Lochquerschnitt kann rund, oval, unregelmäßig oder vieleckig ausgebildet sein, die Lochbohrung parallel, konisch nach innen oder außen oder schräg durch die Platte sein. Die Platte kann zusätzlich nach außen oder innen reflektierend für sichtbares oder infrarotes Licht oder speziell für wärmetechnische Zwecke ausgebildet sein.

In Bild 4 sind 3 nur einschalig aufgebaute Absorber als einfache Vorsatzschalen vor den verschiedenen Glas-Bauteilen, wie Glasaußenfassade, Glaszwischenwand, Glasdecke, Fenster oder Tür dargestellt. Bild 5 zeigt für senkrechten Schalleinfall die Absorptionsgrade α für eine Ausführung in Glas und Bild 6 die Ergebnisse für eine Ausführung in Acrylglas, bei einer Schichtdicke von $t = 5$ mm. Wenn der Schwerpunkt des Problems in einem anderen Frequenzbereich liegt, lassen sich durch Variation der geometrischen Parameter b, d, t und D auch andere optimale Auslegungen ermitteln.

Schrifttum

[1] Fuchs, H.V.: Zur Absorption tiefer Frequenzen in Tonstudios. Rundfunktechnische Mitteilungen rtm 36 (1992), H. 1, S. 1—11.

[2] Fuchs, H.V.; Hunecke, J.; Zha, X.: Schallabsorbierendes Bauteil. DE-Anmeldung 43 12886.

[3] Ackermann, U.; Fuchs, H.V.; Rambausek, N.: Schalldämpfer-Box. DE 35 04 208.

[4] Kiesewetter, N.; Lakatos, B.: Schallabsorbierendes Bauelement. E27 58 041.

[5] Maa, D.-Y.: Theory and design of microperforated panel sound absorbing constructions. Scientia Sinica 18 (1975), H. 1, S. 55—71 (in chinesischer Sprache).

[6] Fuchs, H.V.; Eckoldt, D.: Unterdecke. DE-Anmeldung 4312885.

Patentansprüche

1. Schallabsorbierendes Glas- oder transparentes Kunstglasbauteil, das durchgehende Löcher aufweist und dem in einem Abstand eine Rückwand zugeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, daß das Glasbauteil als Platte mit kleinen Löchern mit einem Durchmesser von 0,2—2 mm, einem Lochabstand von 2—20 mm und einer Plattendicke von 2—30 mm ausgebildet ist.

2. Glasbauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Glasbauteil im Abstand vor einer Wand, Decke, Fenster oder Türe(n) angebracht ist.

3. Glasbauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Platte eben, geknickt, gewölbt,

gewellt, strukturiert, konkav, konvex oder zylinder-, prisma-, ellipsoid- oder kugelförmig, und/oder als Kasten oder Kassette ausgebildet ist.

4. Glasbauteil nach einem der Ansprüche 1—3, dadurch gekennzeichnet, daß die Löcher einen Durchmesser von 0,2—0,8, vorzugsweise von 0,4—0,8 mm aufweisen.

5. Glasbauteil nach einem der Ansprüche 1—4, dadurch gekennzeichnet, daß die Lochbohrung parallel, konisch, vieleckig oder schräg durch die Platte geführt ist.

6. Glasbauteil nach einem der Ansprüche 1—5, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberfläche der Platten mit einer IR — oder sichtbares Licht reflektierenden Schicht versehen ist.

15

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

20

25

30

35

40

45

50

55

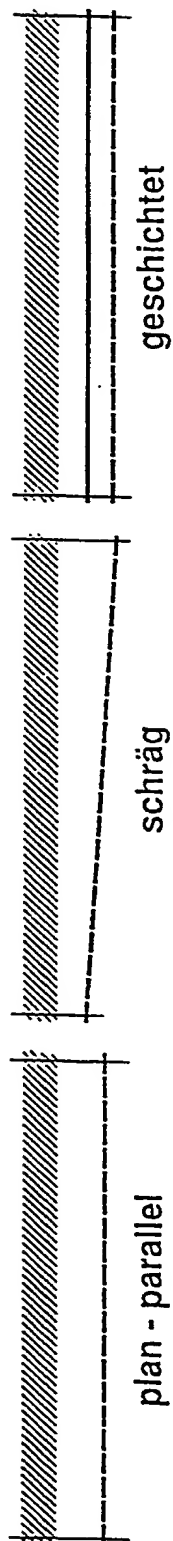
60

65

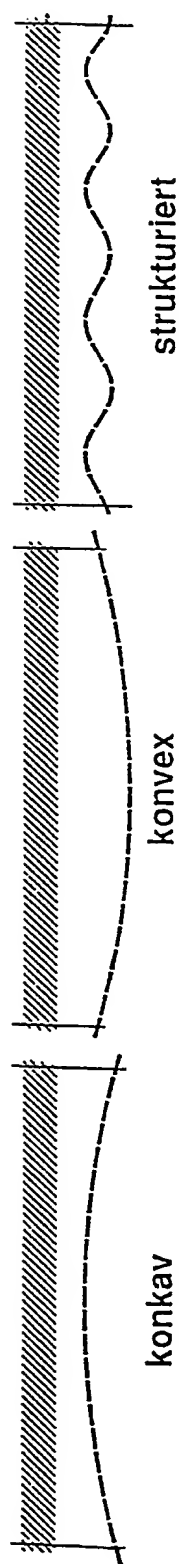
Bild 1

1. Mikroperforierte Transparente Vorsatzschalen

1.1 eben



1.2 gewölbt



1.3 gekantet

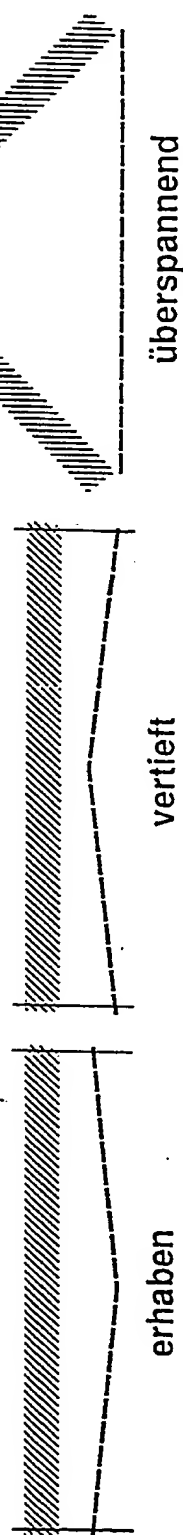


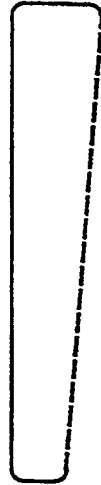
Bild 2

2. Mikroperforierte Transparente Kassetten

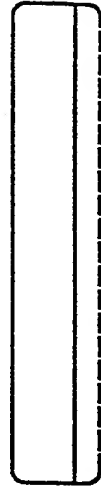
2.1 eben



plan - parallel

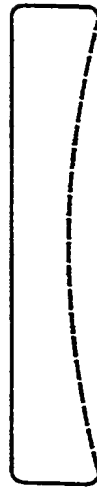


schräg



geschichtet

2.2 gewölbt



konkav



konvex

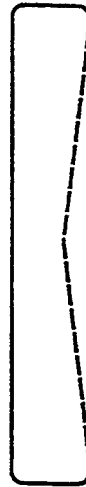


strukturiert

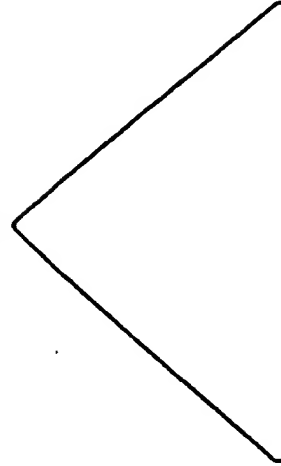
2.3 gekantet



erhaben



vertieft

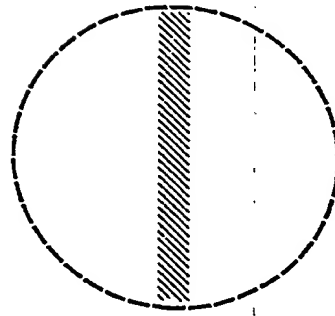


überspannend

Bild 3

3. Mikroperforierte Transparente Kulissen

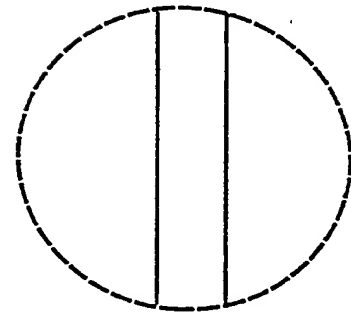
3.1 Zylinder



Voll-Körper

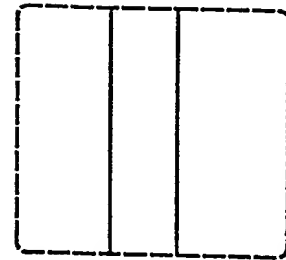
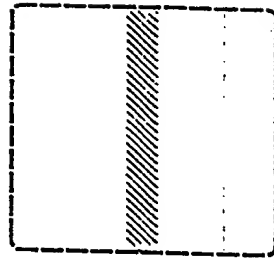


Halb-Körper



geschichtet

3.2 Quader

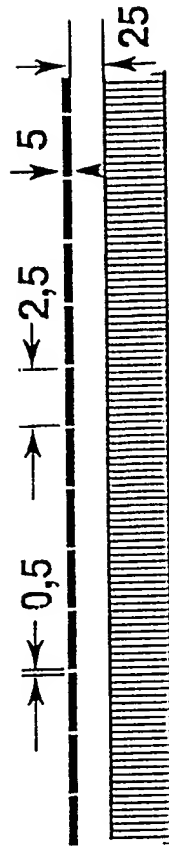


3.3 Profil



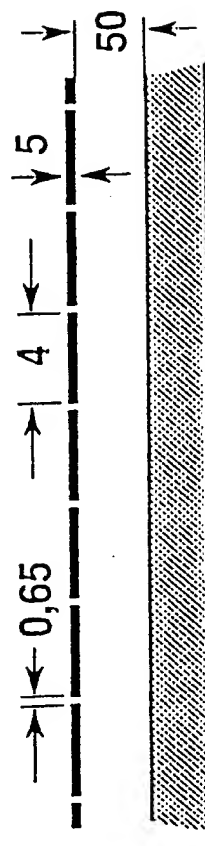
Bild 4

• Tür - Elemente



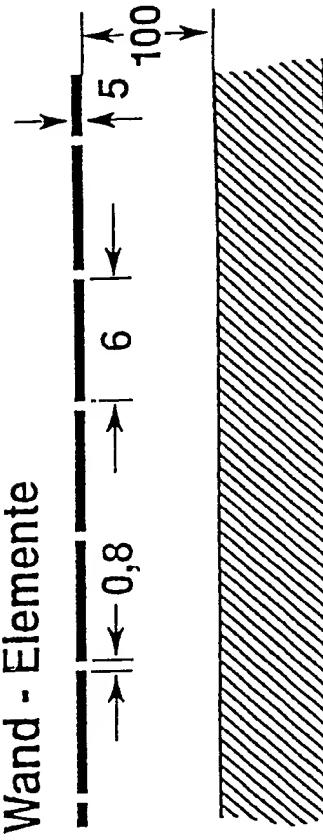
700 Hz

• Fenster - Elemente



→ 400 Hz

• Wand - Elemente

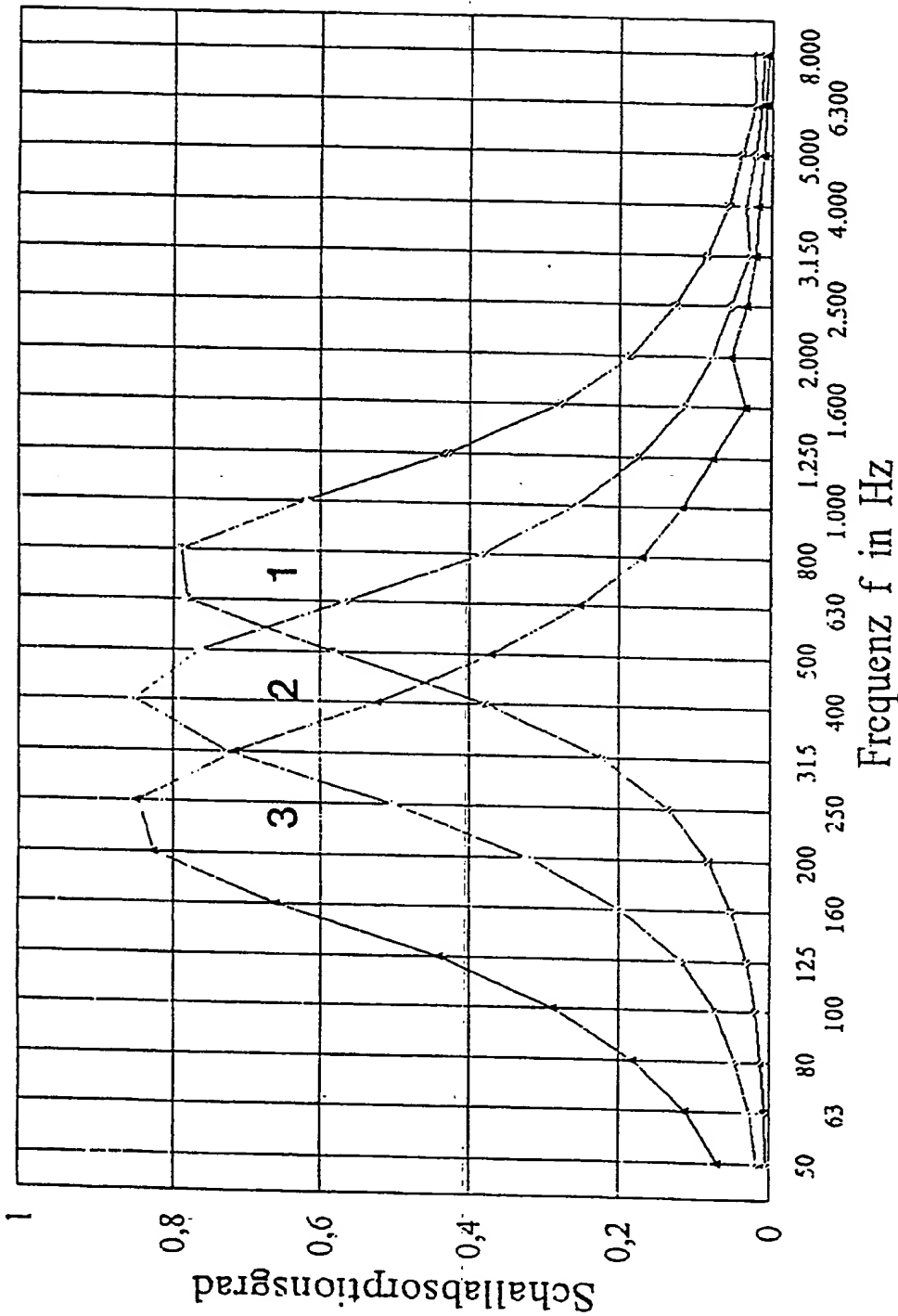


220 Hz

Bild 5

Microperforierte-Abs. (Glas)

Einfachplatte

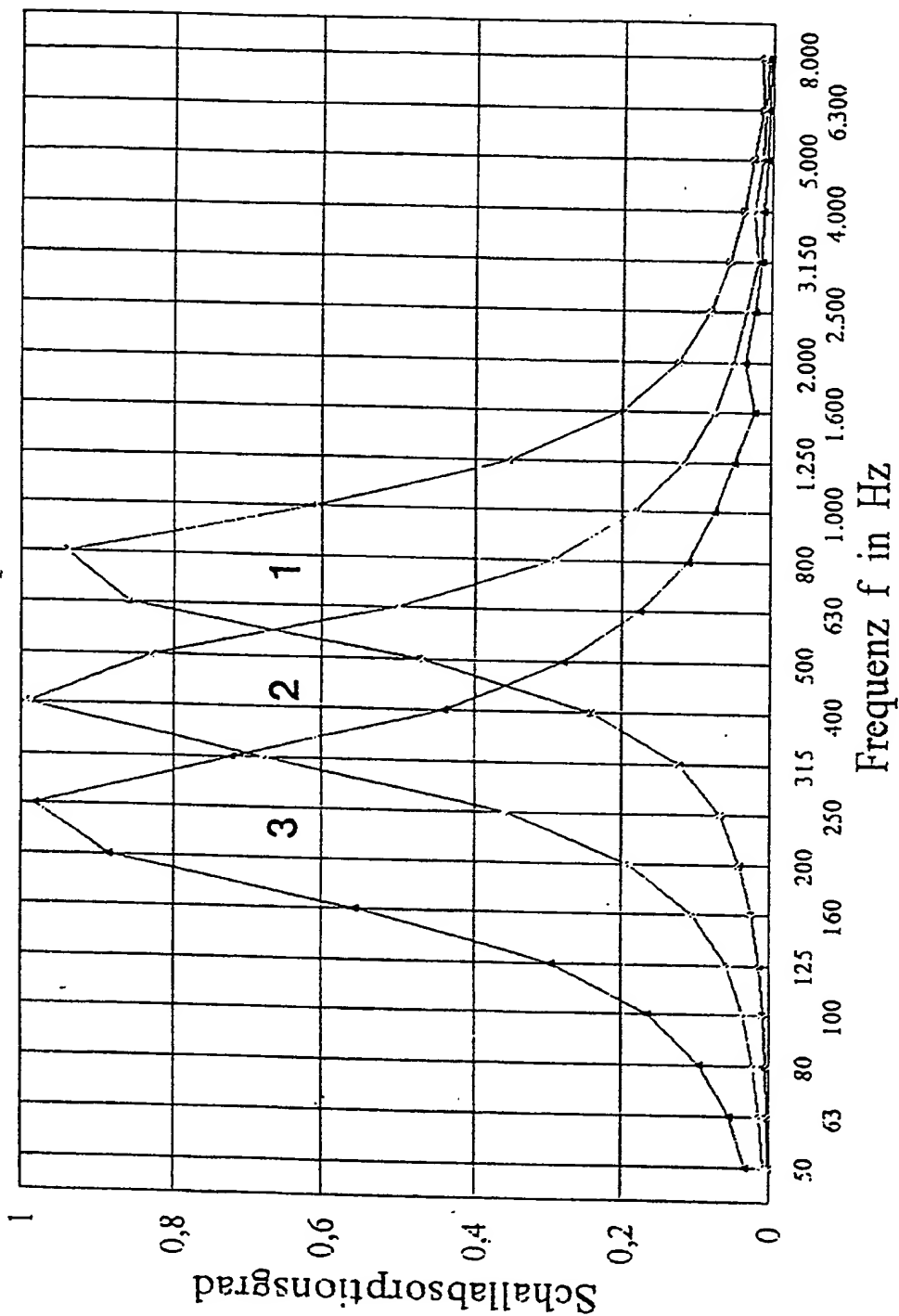


— Typ 1 - - - Typ 2 . . . Typ 3

	t	d	b	D	p %
Typ 1	5,00	0,50	2,50	25	3,14
Typ 2	5,00	0,65	4,00	50	2,07
Typ 3	5,00	0,80	6,00	100	1,40

Bild 6 Microperforierte-Abs. (Plexiglas)

Einfachplatte



Typ 1 — Typ 2 - - Typ 3

	t	d	b	D	p %
Typ 1	5,00	0,50	2,50	25	3,14
Typ 2	5,00	0,65	4,00	50	2,07
Typ 3	5,00	0,80	6,00	100	1,40